

00862.022519.



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Masahiro MORISADA

Application No.: 10/073,976

Filed: February 14, 2002

For: ACTIVE ANTI-VIBRATION APPARATUS AND  
EXPOSURE APPARATUS AND DEVICE  
MANUFACTURING METHOD USING THE SAME

)  
: Examiner: Unassigned  
)  
: Group Art Unit: 2873  
)  
:  
)  
:  
) April 30, 2002  
:  
)

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicant's claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is a  
certified copy of the following foreign application:

JAPAN      2001-041355, filed February 19, 2001.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C., office by  
telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address  
given below.

Respectfully submitted,

\_\_\_\_\_  
Attorney for Applicant  
Steven E. Warner  
Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200  
SEW/eab

44  
59-2

RECEIVED  
MAY - 1 2002  
TECHNICAL STAFF 2800

(translation of the front page of the priority document of  
Japanese Patent Application No. 2001-041355)

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the  
following application as filed with this Office.

Date of Application: February 19, 2001

Application Number : Patent Application 2001-041355

[ST.10/C] : [JP 2001-041355]

Applicant(s) : Canon Kabushiki Kaisha

RECEIVED  
FPM-1 2002  
TECHNICAL SECTION 2800

March 15, 2002

Commissioner,

Japan Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2002-3016764

CFM 2519 US

U.S. Appln. No. 10/073,976



日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-041355

[ ST.10/C ]:

[ JP 2001-041355 ]

出 願 人

Applicant(s):

キヤノン株式会社

2002年 3月15日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2002-3016764

【書類名】 特許願

【整理番号】 4275103

【提出日】 平成13年 2月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F16F 15/02

【発明の名称】 能動的除振装置

【請求項の数】 13

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社  
内

    【氏名】 森貞 雅博

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キャノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100086287

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 伊東 哲也

【選任した代理人】

    【識別番号】 100103931

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 関口 鶴彦

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 002048

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 能動的除振装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 除振台と、該除振台上に搭載された可動部と、前記除振台を支持および駆動する空気バネと、該空気バネの圧力を調整するサーボバルブと、前記除振台に力を付与する電磁アクチュエータと、前記除振台の変位を検出する変位センサと、該変位センサの出力に基づいて前記除振台が所定の位置で所定の姿勢を保つように前記サーボバルブの駆動信号を生成する除振台変位制御器と、前記電磁アクチュエータの駆動信号を生成する除振台振動制御器とを備え、

前記可動部が前記除振台上を動いたときの荷重の移動を補償するように前記サーボバルブと前記電磁アクチュエータの両方を制御することを特徴とする能動的除振装置。

【請求項 2】 前記可動部は、前記除振台の上に搭載されたステージであり、前記ステージを駆動する駆動手段と、前記ステージの位置を検出する位置センサと、該位置センサの出力に基づいて前記ステージの位置が所定の目標位置に合致するように制御するステージ位置制御器とをさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の能動的除振装置。

【請求項 3】 前記電磁アクチュエータは、前記除振台に前記空気バネの支持方向と同一方向および該同一方向と交差する方向の少なくとも一方の力を付与するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の能動的除振装置。

【請求項 4】 前記除振台の加速度を検出する加速度センサをさらに備え、前記除振台変位制御器は、前記変位センサおよび／または前記加速度センサの出力に基づいて前記除振台が所定の位置で所定の姿勢を保つように前記サーボバルブの駆動信号を生成することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の能動的除振装置。

【請求項 5】 前記可動部の目標位置と目標速度の少なくとも一方を前記除振台変位制御器と前記除振台振動制御器にそれぞれフィードフォワード入力することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の能動的除振装置。

【請求項 6】 前記可動部の目標速度と目標位置の少なくとも一方を所定の

フィルタを通した信号として前記除振台変位制御器と前記除振台振動制御器にそれぞれフィードフォワード入力することを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の能動的除振装置。

【請求項 7】 前記フィルタは、第一のハイパスフィルタおよび第二のハイパスフィルタであり、前記可動部の目標位置を前記第一のハイパスフィルタに通した信号を前記除振台変位制御器に、前記可動部の目標位置を前記第二のハイパスフィルタに通した信号を前記除振台振動制御器に、それぞれフィードフォワード入力することを特徴とする請求項 6 に記載の能動的除振装置。

【請求項 8】 前記フィルタは、ローパスフィルタおよびハイパスフィルタであり、前記可動部の目標速度を前記ローパスフィルタに通した信号を前記除振台変位制御器に、前記可動部の目標位置を前記ハイパスフィルタに通した信号を前記除振台振動制御器に、それぞれフィードフォワード入力することを特徴とする請求項 6 に記載の能動的除振装置。

【請求項 9】 前記フィルタは、第一のローパスフィルタおよび第二のローパスフィルタであり、前記可動部の目標速度を第一のローパスフィルタに通した信号を前記除振台変位制御器に、前記可動部の目標速度を第二のローパスフィルタに通した信号を前記除振台振動制御器に、それぞれフィードフォワード入力することを特徴とする請求項 6 に記載の能動的除振装置。

【請求項 10】 前記フィルタは、ローパスフィルタであり、前記可動部の目標速度を前記ローパスフィルタに通した信号を前記除振台変位制御器と前記除振台振動制御器の両方にフィードフォワード入力することを特徴とする請求項 6 に記載の能動的除振装置。

【請求項 11】 前記第一のハイパスフィルタと前記第二のハイパスフィルタの両方の折点周波数がほぼ等しい値であり、かつ該各折点周波数がいずれも前記空気バネの応答周波数よりも低い所定の値であることを特徴とする請求項 7 に記載の能動的除振装置。

【請求項 12】 前記ローパスフィルタと前記ハイパスフィルタの両方の折点周波数がほぼ等しい値であり、かつ該各折点周波数がいずれも前記空気バネの応答周波数よりも低い所定の値であることを特徴とする請求項 8 に記載の能動的

除振装置。

【請求項 1 3】 前記第一のローパスフィルタと前記第二のローパスフィルタの両方の折点周波数がほぼ等しい値であり、かつ該各折点周波数がいずれも前記空気バネの応答周波数よりも低い所定の値であることを特徴とする請求項 9 に記載の能動的除振装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学顕微鏡や、X Y ステージ等の位置決め機器を搭載して半導体等のデバイスを製造する露光装置等に使用される除振装置に係り、同除振装置上に搭載される機器の運動によって生じる揺れを効果的に抑圧可能な能動的除振装置の改良に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

除振台上に光学顕微鏡や露光用 X Y ステージ等が搭載された装置では、外部から伝達する振動を極力除去する必要がある。さらに、露光用 X Y ステージの場合にはステップ&リピートあるいはステップ&スキャンという間欠運転を駆動モードとして有し、繰り返しのステップまたはスキャンによる振動を自身が発生し、これが除振台の揺れを発生させることにも注意せねばならない。この振動がおさまらない状態では露光をすることは不可能であり、除振台には、外部振動に対する除振と搭載された機器自身の運動に起因した強制振動に対する制振とをバランスよく実現することが求められる。

【 0 0 0 3 】

また、除振台は受動的除振台と能動的除振台に分類され、除振台上の搭載機器に対する高精度位置決め、高精度スキャン、高速移動等の要求に応えるため、最近では能動的除振装置を用いる傾向にある。除振台を駆動するアクチュエータとしては、空気バネ、ボイスコイルモータ、圧電素子等が存在する。

【 0 0 0 4 】

従来の能動的除振装置である特開平 1 1 - 2 6 4 4 4 4 号公報の構成を図 5 に

示す。

図 5 において、1 および 8 は空気バネ式支持脚、2 および 9 は空気バネ 3, 10 へ動作流体の空気を給気・排気するサーボバルブ、4 および 11 はその計測点における除振台 15 の鉛直方向変位を計測する位置センサ、5 および 12 は予圧用機械バネ、6 は空気バネ 3 と予圧用機械バネ 5 および空気バネ式支持脚 1 の粘性を表現する粘性要素、13 は空気バネ 10 と予圧用機械バネ 12 および空気バネ式支持脚 8 の粘性を表現する粘性要素をそれぞれ示す。また、7 および 14 は加速度センサ、16 は除振台 15 上で水平方向に動作するステージ、17 はステージ 16 の水平方向変位を計測する位置センサ、18 はステージ 16 を駆動するモータ、19 はステージ変位を増幅する変位増幅器、20 は P I D 補償器、21 はアンプ、22 はステージシーケンス制御部 37 が生成する動作プロファイルに基づいてステージ 16 の目標速度を生成する目標速度生成器、23 は積分器をそれぞれ示す。そして、24 および 25 は変位増幅器、26 は変位分解器、27 および 28 は P I 補償器、29 および 30 はフィルタ、31 は加速度分解器、32 は推力分配器、33 および 34 はアンプをそれぞれ示す。さらに、35 は除振台 15 の目標位置を生成する目標位置設定器、36 は所定の適切なゲインと時定数を有するフィルタをそれぞれ示す。上記した図 5 における構成要素 1 ~ 18 は、能動的除振装置を真横から見たときの模式図であり、空気バネ式支持脚 1 と 8 は除振台 15 を鉛直方向に支持している。

#### 【 0 0 0 5 】

図 5 に示す空気バネ式除振装置の動作を説明する。便宜上、ステージ 16 の動作方向を X 軸、鉛直方向を Z 軸、除振台 15 の重心を通りステージ 16 の動作方向に対して水平面内で垂直な軸を Y 軸、Y 軸回りの回転軸を  $\theta_y$  軸と定義する。

#### 【 0 0 0 6 】

加速度センサ 7 および 14 の出力は、それぞれ所定の適切なゲインと時定数を有するフィルタ 29 および 30 を通って加速度分解器 31 への入力となる。加速度分解器 31 では、2 つの入力を  $2 \times 2$  の行列演算によって、Z 方向加速度と  $\theta_y$  方向角加速度とに分解し、推力分配器 32 の前段に負帰還している。この加速度フィードバックループによりダンピングを付加している。位置センサ 4 および

11の出力は、それぞれ変位増幅器24および25を通して変位分解器26の入力となる。変位分解器26では、 $2 \times 2$ の行列演算によって、Z方向変位と $\theta y$ 方向回転変位に分解する。目標位置設定器35は、前記鉛直方向変位と前記回転変位の目標位置の設定を行い、変位分解器26の出力との偏差信号がPI補償器27および28を通して推力分配器32の入力となる。推力分配器32では、 $2 \times 2$ の行列演算によって、Z方向と $\theta y$ 方向の推力目標値を空気バネ3および10の駆動目標値に分配する。分配された駆動目標値は、それぞれアンプ33および34でサーボバルブ2および9の駆動電流に変換され、サーボバルブ2および9の開閉によって空気バネ3および10内の圧力が調整されることにより、除振台15は目標位置設定器35で設定された所望の位置に定常偏差なく保持可能となる。ここで、PI補償器27はZ軸変位の制御補償器、PI補償器28は $\theta y$ 軸変位の制御補償器として、それぞれ動作している。さらに、位置センサ17の出力は、変位増幅器19を通して積分器23の生成する目標位置信号との偏差がPID補償器20の入力となる。PID補償器20の出力は、アンプ21を通してモータ18を介してステージ16を駆動する。ここで、PID補償器20のPは比例、Iは積分、Dは微分動作をそれぞれ意味する。ステージシーケンス制御器37が生成する動作プロファイルに基づき、目標速度生成器22は、ステージ16の目標速度を生成する。ステージ16の目標速度は、積分器23で積分されてステージの目標位置となる。さらに、ステージ16の目標速度は、フィルタ36を通じて $\theta y$ 軸変位の制御系にフィードフォワード入力される。

## 【0007】

図6(b)は、目標速度生成器22が生成する目標速度を、時間を横軸として示したグラフであり、この速度パターンは台形速度パターンとして知られているものである。図6(a)および(c)には、目標速度の微分値である目標加速度と目標速度の積分値である目標位置を合わせて示している。目標速度は、積分器23を通して目標位置に変換されステージ16の位置制御系に入力される。

## 【0008】

空気バネ3、10の平衡状態において、サーボバルブ2、9の入力電流Iから空気バネ3、10の圧力Pまでの伝達関数は、下記の数1に示す式1として積分

特性で近似できることが一般的に知られている。

【0009】

【数1】

$$\frac{P}{I} = Gq \frac{k P_0}{V_0 s}$$

【0010】

ただし、式1において、 $Gq$ はサーボバルブの流量ゲイン、 $k$ は空気の比熱比、 $P_0$ は平衡状態における空気バネ圧力、 $V_0$ は平衡状態における空気バネ容積、 $s$ はラプラス演算子をそれぞれ示す。

【0011】

従って、除振台15の回転変位制御系にフィードフォワード入力される目標速度は、数1に示す式1の空気バネ10の積分特性により積分されることになり、目標速度をフィードフォワードすることはステージ16の位置に比例した回転トルクを除振台15に与えることと等価である。この目標速度のフィードフォワード入力により、ステージ16の移動によって発生する回転モーメントを打ち消すことができ、除振台15の揺れを効果的に抑制することができる。

【0012】

また、特開平11-72136号公報においては、ステージの位置から除振台全体の重心変化を求め、それに応じて空気バネの圧力を調整している旨が開示されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、近年の半導体等のデバイス製造に用いられる露光装置では、露光のスループット向上のため、ステージの移動速度がますます大きくなってきている。特に、ステージ等の可動部の移動速度が空気バネの圧力変化速度を上回る等の場合、空気バネがその駆動信号に追従しきれず、空気バネによる移動荷重の補償が除振台をかえって揺らしてしまうという欠点が生じる場合もある。

本発明の目的は、能動的除振装置において、上記従来技術の問題点を除去する

ことにある。

【0014】

【課題を解決するための手段および作用】

上記目的を達成するため、本発明の能動的除振装置は、除振台と、該除振台上に搭載された可動部と、前記該除振台を支持および駆動する空気バネと、該空気バネの圧力を調整するサーボバルブと、前記除振台に力を付与する電磁アクチュエータと、前記除振台の変位を検出する変位センサと、該変位センサの出力に基づいて前記除振台が所定の位置で所定の姿勢を保つように前記サーボバルブの駆動信号を生成する除振台変位制御器と、前記電磁アクチュエータの駆動信号を生成する除振台振動制御器とを備え、前記可動部が前記除振台上を動いたときの荷重の移動を補償するように前記サーボバルブと前記電磁アクチュエータの両方を制御することを特徴とする。

【0015】

本発明によれば、空気バネによる移動荷重の補償の欠点を電磁アクチュエータによる駆動で補うことにより、例えば除振台上で移動可能な可動部の移動速度が大きい場合でも、除振台全体の重心の移動による除振台の揺れを抑圧できる。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の好ましい実施の形態において、前記可動部は、前記除振台の上に搭載されたステージを用いることができ、前記ステージを駆動する駆動手段、前記ステージの位置を検出する位置センサおよび該位置センサの出力に基づいて前記ステージの位置が所定の目標位置に合致するように制御するステージ位置制御器とをさらに備えることにより、ステージの目標位置に移動させることが可能である。また、前記電磁アクチュエータは、前記除振台に前記空気バネの支持方向と同一方向および／または該同一方向と交差する方向の力を付与することにより、空気バネによる移動荷重の補償の欠点を電磁アクチュエータによる駆動で補うことが可能となる。さらに、前記能動的除振装置は、前記除振台の加速度を検出する加速度センサをさらに備え、前記除振台変位制御器は、前記変位センサおよび／または前記加速度センサの出力に基づいて前記サーボバルブの駆動信号を生成す

ることにより、前記除振台が所定の位置で所定の姿勢を保つことが可能である。

【0017】

前記能動的除振装置は、前記可動部の目標位置と目標速度の少なくとも一方を前記除振台変位制御器と前記除振台振動制御器にそれぞれフィードフォワード入力することにより、例えばステージの移動による回転モーメントを打ち消すことや空気バネによる移動荷重の補償の欠点を電磁アクチュエータによる駆動で補うことが可能となる。また、前記可動部の目標速度と目標位置の少なくとも一方を前記除振台変位制御器と前記除振台振動制御器にそれぞれフィードフォワード入力する信号を所定のフィルタを通した信号とすることが可能である。

【0018】

前記能動的除振装置において、前記フィルタは、第一のハイパスフィルタおよび第二のハイパスフィルタ、ローパスフィルタおよびハイパスフィルタ、第一のローパスフィルタおよび第二のローパスフィルタ、ならびにローパスフィルタのいずれを用いても良く、前記可動部の目標速度を単数または複数の前記各フィルタに通した信号を前記除振台変位制御器と前記除振台振動制御器にそれぞれフィードフォワード入力することが好ましい。

【0019】

さらに、前記フィルタが前記第一のハイパスフィルタと前記第二のハイパスフィルタの場合には両方の折点周波数がほぼ等しい値であり、前記フィルタが前記ローパスフィルタと前記ハイパスフィルタの場合には両方の折点周波数がほぼ等しい値であり、前記フィルタが前記第一のローパスフィルタと前記第二のローパスフィルタの場合には両方の折点周波数がほぼ等しい値であり、前記各場合の折点周波数がいずれも前記空気バネの応答周波数よりも低い所定の値であることが好ましい。

【0020】

なお、本発明において、上記したローパスフィルタおよび／またはハイパスフィルタとは、狭い意味でのローパスフィルタおよび／またはハイパスフィルタのみならず、バンドパスフィルタにおけるローパスフィルタの部分を含み、バンドパスフィルタにおけるハイパスフィルタの部分を含むものとする。

## 【 0 0 2 1 】

## 【実施例】

次に、本発明の実施例について図面を用いて詳細に説明する。

## 〔第 1 の実施例〕

図 1 は、本発明の第 1 の実施例に係る能動的除振装置の構成を示す図であり、図 5 と同一の符号には図 5 と同様の構成要素を示す。

## 【 0 0 2 2 】

図 1 において、38 および 39 は電磁アクチュエータであるボイスコイルモータ、40 はローパス特性を有するフィルタ、41 は 1 次ローパス特性を有するフィルタ、42 はモータ推力分配器、43 および 44 はアンプをそれぞれ示す。本実施例は、空気バネと電磁アクチュエータをアクチュエータとして用いた能動的除振装置に関するものであり、以下これについて説明する。

## 【 0 0 2 3 】

ステージ 16 の目標速度は、ステージシーケンス制御部 37 が生成する動作プロファイルに基づいて目標速度生成器 22 により生成されてフィルタ 40 に入力され、ローパス特性によって所定の周波数  $f_1$  以下の成分が空気バネ 3, 10 を駆動する  $\theta$  y 軸制御系にフィードフォワード入力される。さらに、ステージ 16 の目標速度は、フィルタ 41 に入力され、1 次のローパス特性によって所定の周波数  $f_2$  以下の成分がボイスコイルモータ 38, 39 を駆動する  $\theta$  y 軸制御系にフィードフォワード入力される。図 2 にフィルタ 40 および 41 の周波数特性を示す。本実施例では、周波数  $f_1$  と周波数  $f_2$  は等しい値に取っている。また、いずれの周波数も空気バネ 3, 10 の応答周波数よりも小さい値としている。

## 【 0 0 2 4 】

空気バネ 3, 10 は、近似的に積分特性を有しているので、周波数  $f_1$  以下の帯域ではステージ 16 の位置に比例した回転トルクを空気バネ 3, 10 が与え、周波数  $f_2$  以上の帯域ではボイスコイルモータ 38, 39 が与えることに相当する。この目標速度のフィードフォワード入力により、ステージ 16 の移動速度が大きい場合であっても、ステージ 16 の移動によって発生する回転モーメントを打ち消すことができ、除振台 15 の揺れを効果的に抑制することができる。また

、ハイパスフィルタを使わずにローパスフィルタで構成しているのも、高周波ノイズの影響を受けにくい。

#### 【 0 0 2 5 】

なお、周波数  $f_1$  と周波数  $f_2$  が等しく、またフィルタ 4 0 が 1 次のローパスフィルタである場合には、フィルタ 4 0 とフィルタ 4 1 を共通化して一つのローパスフィルタだけで実現することも可能である。

#### 【 0 0 2 6 】

#### 〔第 2 の実施例〕

図 3 は、本発明の第 2 の実施例に係る能動的除振装置の構成を示す図である。図 3 において、4 0 はローパス特性を有するフィルタ、4 1 はバンドパス特性を有するフィルタをそれぞれ示し、他の構成要素については特に記さない限り図 1 と同様とする。

#### 【 0 0 2 7 】

ステージ 1 6 の目標速度は、ステージシーケンス制御部 3 7 が生成する動作プロファイルに基づいて目標速度生成器 2 2 により生成されてフィルタ 4 0 に入力され、ローパス特性によって所定の周波数  $f_1$  以下の成分が空気バネ 3, 1 0 を駆動する  $\theta$  y 軸制御系にフィードフォワード入力される。ここで、フィルタ 4 0 を所定の周波数以上、周波数  $f_1$  以下のバンドパスフィルタとすることも可能である。さらに、ステージ 1 6 の目標位置はフィルタ 4 1 に入力され、バンドパス特性によって所定の周波数  $f_2$  以上、周波数  $f_3$  以下の成分がボイスコイルモータ 3 8, 3 9 を駆動する  $\theta$  y 軸制御系にフィードフォワード入力される。図 4 にフィルタ 4 0 および 4 1 の周波数特性を示す。本実施例では、周波数  $f_1$  と周波数  $f_2$  は等しい値に取っている。また、いずれの周波数も空気バネ 3, 1 0 の応答周波数よりも小さい値としている。

#### 【 0 0 2 8 】

空気バネ 3, 1 0 は、近似的に積分特性を有しているのも、周波数  $f_1$  以下の帯域ではステージ 1 6 の位置に比例した回転トルクを空気バネ 3, 1 0 が与え、周波数  $f_2$  以上の帯域ではボイスコイルモータ 3 8, 3 9 が与えることに相当する。モータ 1 8 からの高周波数の振動発生を抑えるために、目標位置のフィード

フォワードの周波数  $f_g$  以上の成分を除去している。この目標速度と目標位置のフィードフォワード入力により、ステージ 16 の移動速度が大きい場合であっても、ステージ 16 の移動によって発生する回転モーメントを打ち消すことができ、除振台 15 の揺れを効果的に抑制することができる。

#### 【0029】

上記した第 1 および第 2 の実施例では、除振台を支える支持脚の数は鉛直方向に 2 本としたが、これを 3 本以上としても構わない。支持脚が鉛直方向に 3 本有する場合には、除振台の位置制御系は Z 軸方向並進制御系、X 軸回りの回転制御系、Y 軸回りの回転制御系の 3 つの制御系を構成する。この場合、変位分解器、加速度分解器、推力分配器ではそれぞれ  $3 \times 3$  の行列計算を行う。

#### 【0030】

さらに、除振台を支持する空気バネおよび／または電磁アクチュエータ等は、鉛直方向だけでなく水平方向にも除振台を駆動するように取り付けられていても構わない。水平方向に空気バネおよび／または電磁アクチュエータ等を設けることにより、水平方向の除振台の揺れを抑えることができる。

#### 【0031】

また、ステージの動作方向も XY ステージのような平面上 2 次元動作するものでもよい。支持脚が鉛直方向に 3 本ある場合には、XY ステージの X 軸目標速度を除振装置の  $\theta_y$  軸制御系に、XY ステージの Y 軸目標速度を除振装置の  $\theta_x$  軸制御系にそれぞれフィードフォワードする。これによって、XY ステージの移動に伴う重心移動による回転モーメントを打ち消すことができる。

#### 【0032】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、ステージ等の可動部の目標位置および／または目標速度を除振台の空気バネと電磁アクチュエータの制御系に、例えばフィードフォワード入力することによって、可動部の移動速度が大きい場合でも除振台全体の重心の移動による除振台の揺れを抑圧する、すなわち除振台の重心補正を実現する能動的除振装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施例に係る能動的除振装置の構成を示す図である。

【図 2】 図 1 におけるフィルタの周波数特性であり、(a) はフィルタ 4 0 の周波数特性、(b) はフィルタ 4 1 の周波数特性を示す。

【図 3】 本発明の第 2 の実施例に係る能動的除振装置の構成を示す図である。

【図 4】 図 3 におけるフィルタの周波数特性であり、(a) はフィルタ 4 0 の周波数特性、(b) はフィルタ 4 1 の周波数特性を示す。

【図 5】 従来例に係る能動的除振装置である空気バネ式除振装置の構成を示す図である。

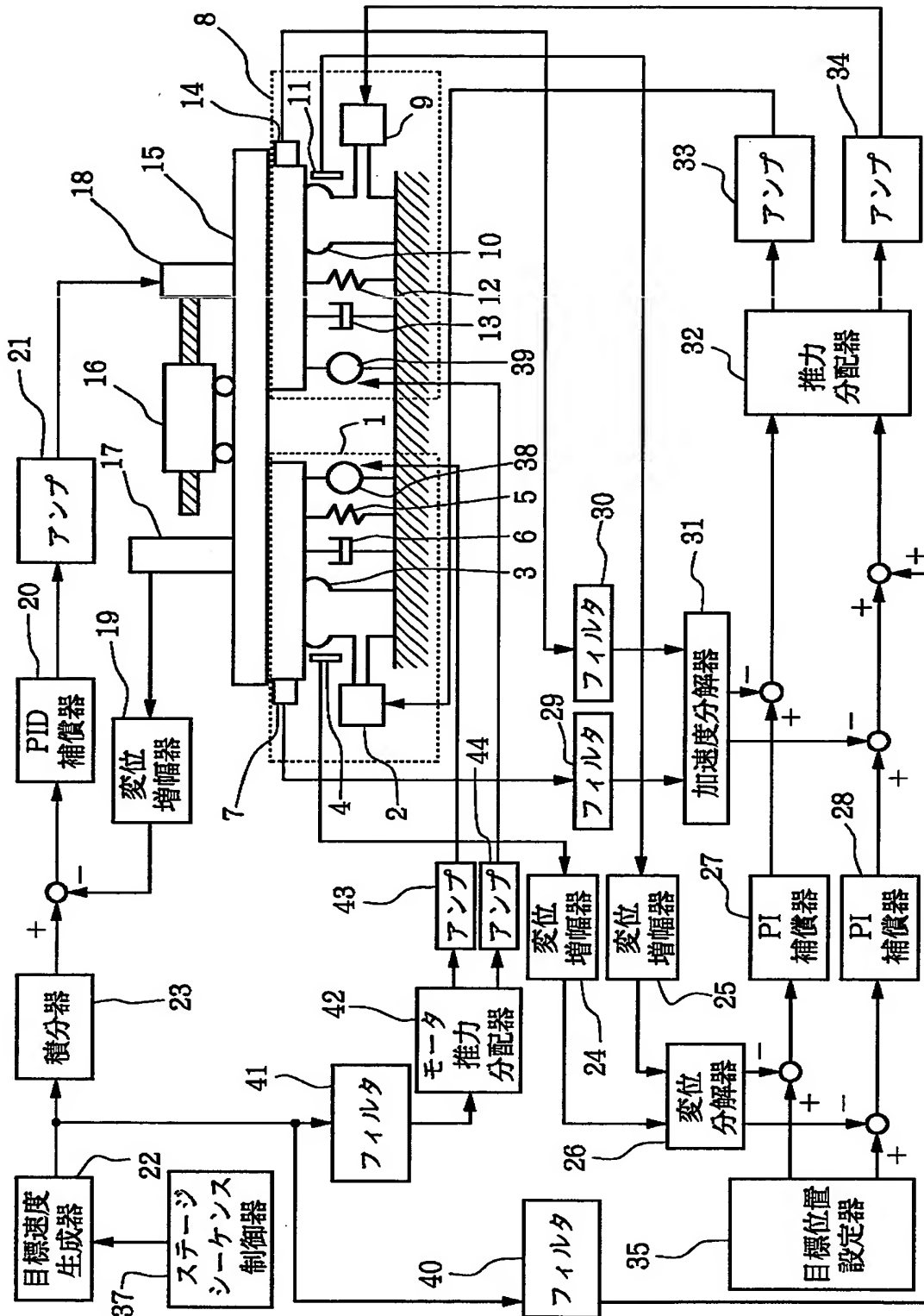
【図 6】 図 5 における目標速度生成器が生成する目標速度と、それに対する目標加速度および目標位置をそれぞれ示すグラフであり、(a) は目標加速度、(b) は目標速度、(c) は目標位置の時間特性である。

【符号の説明】 1, 8 : 空気バネ式支持脚、2, 9 : サーボバルブ、3, 10 : 空気バネ、4, 11 : 位置センサ、5, 12 : 予圧用機械バネ、6, 13 : 粘性要素、7, 14 : 加速度センサ、15 : 除振台、16 : ステージ、17 : 位置センサ、18 : モータ、19 : 変位増幅器、20 : PID 補償器、21, 33, 34, 43, 44 : アンプ、22 : 目標速度生成器、23 : 積分器、24, 25 : 変位増幅器、26 : 変位分解器、27, 28 : PI 補償器、29, 30, 36, 40, 41 : フィルタ、31 : 加速度分解器、32 : 推力分配器、35 : 目標位置設定器、37 : ステージシーケンス制御部、38, 39 : ボイスコイルモータ、42 : モータ推力分配器。

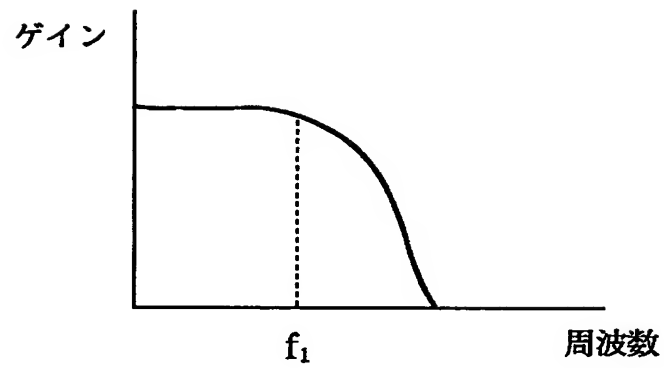
【書類名】

図面

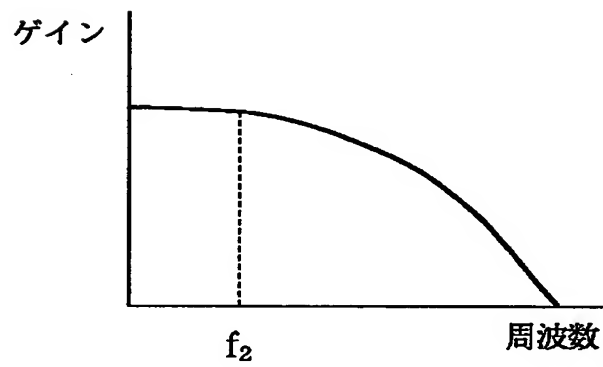
【図1】



【図 2】

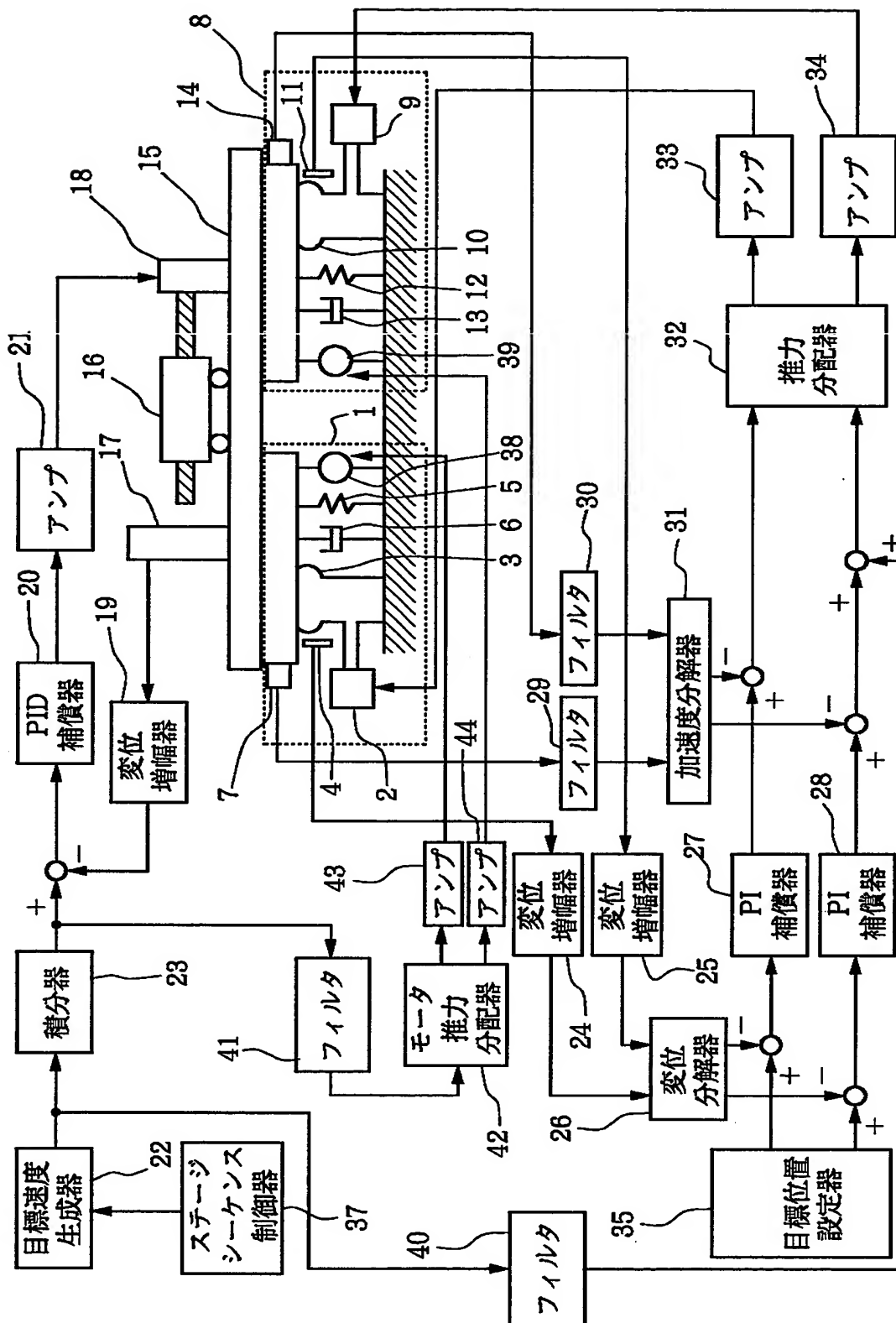


(a) フィルタ 40 の周波数特性

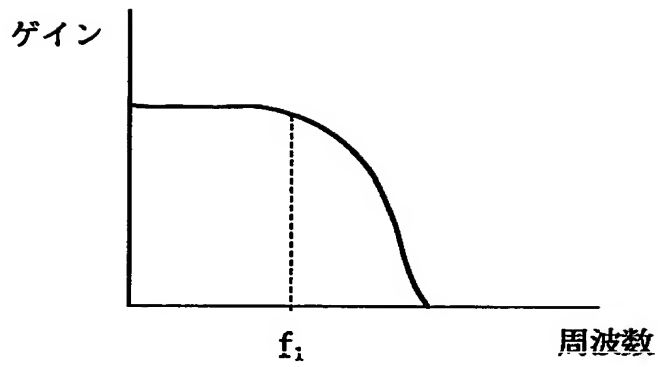


(b) フィルタ 41 の周波数特性

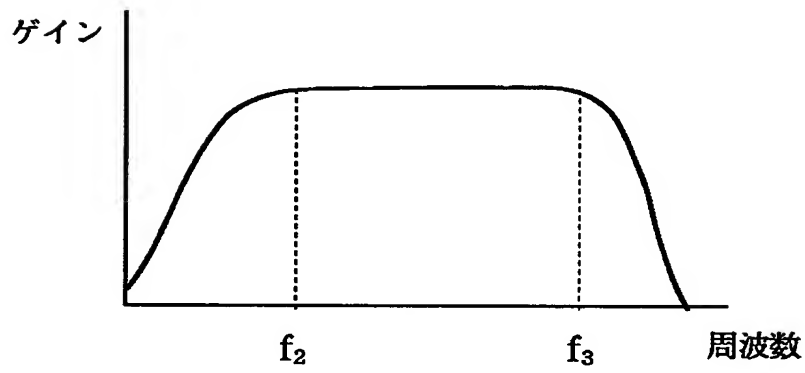
【図3】



【図 4】

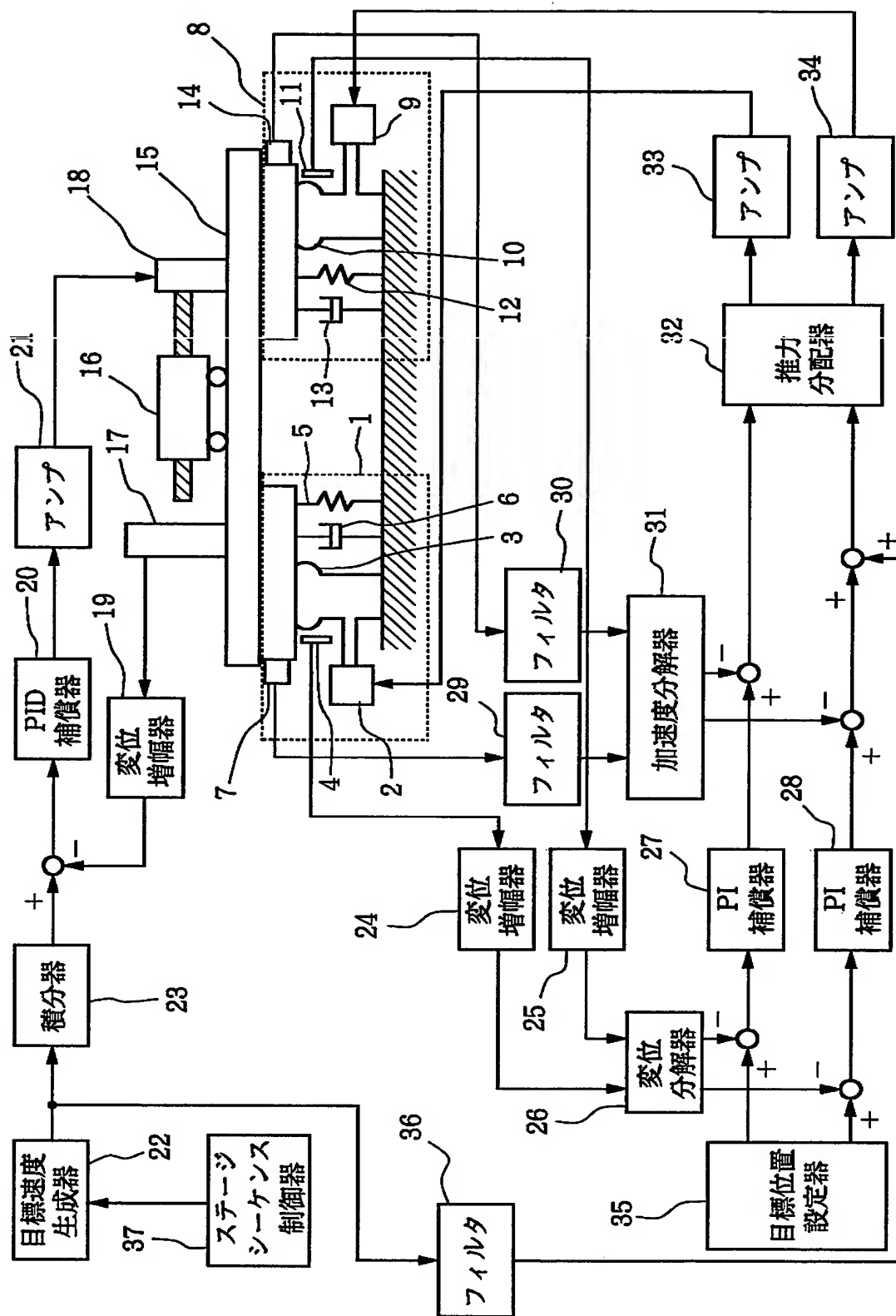


(a) フィルタ 40 の周波数特性

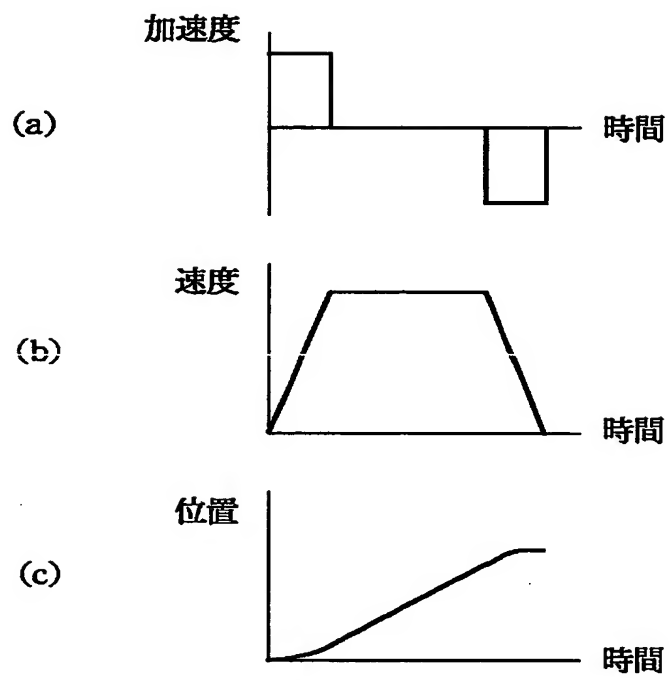


(b) フィルタ 41 の周波数特性

【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ステージの移動速度が大きい場合でも除振台の空気バネと電磁アクチュエータの制御系にフィードフォワード入力することによって、ステージの移動速度が大きい場合でも除振台全体の重心の移動による除振台の揺れを抑圧する能動的除振装置を提供する。

【解決手段】 空気バネ 3, 10に加えて電磁アクチュエータ 38, 39を設け、ステージ 16の目標位置や目標速度をフィードフォワード入力する。この際、空気バネ 3, 10と電磁アクチュエータ 38, 39とで所定のフィルタ 40, 41等により周波数帯域分割を行う。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社